

SOLUTIONS POUR L'EFFICIENCE AUTOMOBILE

**ThyssenKrupp**  
InCar<sup>®</sup>plus



EFFICIENCY

Nous développons l'avenir.

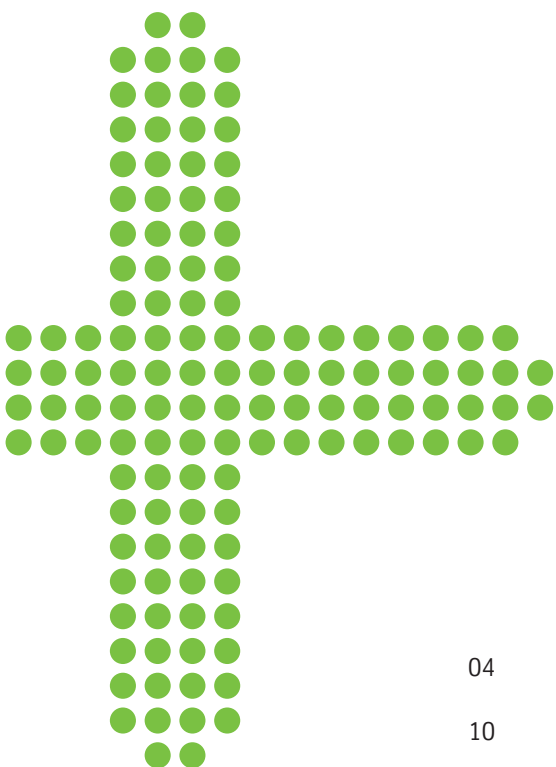


**ThyssenKrupp**





# Sommaire



04	Le projet InCar®plus de ThyssenKrupp
10	Évaluation du Cycle de Vie (Life Cycle Assessment)
12	Solutions pour l'efficience automobile
18	Solutions pour le moteur/la propulsion
20	Solutions pour le châssis & le système de direction
22	Solutions pour la carrosserie
24	Vos avantages en détail



« Les solutions InCar®plus s'adaptent aux diverses exigences de nos clients, qui dépendent des spécificités de chaque véhicule. »

Dr Karsten Kroos, Président du Comité  
Directeur de la Business Area Components  
Technology chez ThyssenKrupp AG



« ThyssenKrupp utilise judicieusement son savoir-faire polyvalent dans les domaines du développement de matériaux, de l'ingénierie et de la fabrication. »

Dr Heribert R. Fischer,  
membre du Directoire de ThyssenKrupp  
Steel Europe AG

## Solutions pour l'efficacité automobile

### Le projet InCar®plus de ThyssenKrupp

Le projet InCar®plus de ThyssenKrupp contribue fortement à l'efficacité automobile. Avec plus de 40 solutions innovantes dans les domaines de la construction allégée, de l'électrification, de l'efficacité énergétique, de la sécurité et du confort, il est aujourd'hui une référence.



« Les solutions développées dans InCar®plus sont jusqu'à 60 % plus légères et jusqu'à 10 % moins onéreuses que d'autres solutions de référence haut de gamme. »

Dr Axel Grünekle,  
responsable du projet InCar®plus





« L'un de nos objectifs principaux consiste à gagner en efficacité via une réduction de la consommation. »

Claudius Rath, responsable du sous-projet moteur/propulsion

L'industrie automobile est actuellement en pleine mutation. L'urbanisation se propage rapidement, le prix des combustibles ne cesse d'augmenter et les ressources s'amenuisent. Simultanément, notamment dans les nouveaux pays industrialisés, l'équipement en biens automobiles gagne du terrain et le transport de marchandises connaît une croissance fulgurante. Le thème de la protection de l'environnement est au cœur des préoccupations. Les objectifs définis par la classe politique internationale visant à réduire les émissions de gaz nocifs pour l'environnement sont très ambitieux. D'autres tendances, comme les véhicules connectés et semi-autonomes, le sont également. Nous devons donc mettre au point des technologies efficaces et durables.

Parallèlement, la globalisation de l'industrie automobile ne cesse de gagner du terrain. Aujourd'hui, il s'agit notamment de réussir à lancer simultanément la production de nouveaux modèles partout dans le monde. Les plates-formes automobiles modulaires sont de plus en plus nécessaires, tandis que les clients finaux aspirent à un produit de plus en plus personnalisé. De manière générale, la concurrence se durcit, la pression sur les coûts ne cesse d'augmenter et les délais de développement continuent à se raccourcir.

Avec InCar®plus, ThyssenKrupp souhaite assurer à ses clients une longueur d'avance. Dans le cadre de plus de 30 projets

individuels comprenant plus de 40 solutions, nos ingénieurs ont mis au point des produits innovants destinés aux domaines suivants : moteur/propulsion, châssis & système de direction et carrosserie. Ce faisant, ils se sont concentrés sur l'élaboration de solutions respectueuses de l'environnement et s'articulant autour de l'efficacité énergétique, de la mobilité électrique et de la construction allégée. Poids, rentabilité, durabilité, fonctionnalité : dans au moins l'un de ces domaines, chacune de nos innovations InCar®plus dépasse le standard actuel. Les solutions InCar®plus permettent d'atteindre des gains de l'ordre de 60 pour cent en ce qui concerne la réduction du poids, et jusqu'à 10 pour cent en ce qui concerne la réduction des coûts.

InCar®plus est le projet de développement indépendant des constructeurs le plus important jamais mis en œuvre par un sous-traitant de l'industrie automobile. Il se distingue non seulement par son envergure et sa polyvalence mais aussi par le degré de maturité de ses solutions. Les innovations InCar®plus sont testées et validées sur l'ensemble de la chaîne de valeur ajoutée. Celle-ci comprend toutes les étapes de fabrication : mise en forme et usinage du matériau, réalisation des outillages et prototypes ainsi que l'assemblage de système pour la production en grande série. Les coûts afférents ont été calculés, de même les méthodes et outils nécessaires pour réaliser les innovations InCar®plus ont été minutieusement mis au point. Dans ce travail d'équipe, nous avons

Le module couvre-culasse avec arbre à cames intégré utilise plusieurs matériaux : composants en polymère, en aluminium et en acier. Gain de poids : 15 pour cent.







« Pour les colonnes de direction et les amortisseurs, nous utilisons des produits innovants multi-matériaux. »

Rainer Pudeg, responsable du sous-projet châssis & système de direction

veillé à ce que les nouvelles solutions puissent être intégrées sans problème et rapidement dans une ligne de production en série. Les bilans écologiques font également partie du travail relatif au projet InCar®plus. Nous réalisons à cet effet des évaluations du cycle de vie très poussées qui prennent en compte non seulement la conduite du véhicule lors de la phase d'utilisation mais aussi les impacts environnementaux de la production et du recyclage. Ces informations permettent également de connaître d'emblée les impacts environnementaux de chaque innovation InCar®plus. Les performances des véhicules en termes de développement durable sont aujourd'hui un facteur de différenciation important entre concurrents dans l'industrie automobile.

Contrairement à la législation actuelle, qui ne tient compte dans le cadre du développement durable que des émissions générées lors de la conduite, nous considérons l'ensemble du cycle de vie. Nos bilans écologiques présentent les émissions générées lors de chaque phase de la vie du produit : extraction et transformation des matières premières, production du matériau et fabrication des composants, utilisation et recyclage du produit fini. Ces informations aident à faire le bon choix parmi les matériaux disponibles, dont le nombre ne cesse d'augmenter. Elles permettent également de démontrer le potentiel écologique des améliorations réalisées au niveau du groupe motopropulseur ou encore du châssis et du système de direction.

### Une fiabilité absolue via une approche interdisciplinaire

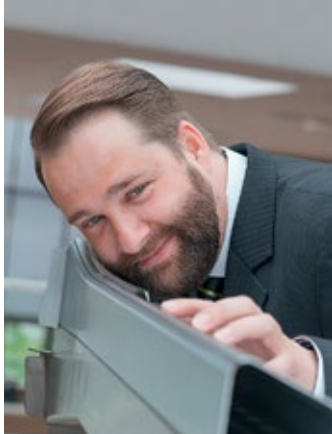
Le projet InCar®plus de ThyssenKrupp fait appel à l'intégralité du savoir-faire du groupe. Ainsi, la Business Area Steel Europe de ThyssenKrupp est aujourd'hui l'un des fournisseurs majeurs d'acier plat de haute qualité, reconnu mondialement pour ses technologies avancées. La Business Area Components Technology occupe sur le marché international une place de leader dans les secteurs des vilebrequins et des arbres à cames, des systèmes de direction, des amortisseurs, des ressorts de suspension et des stabilisateurs. La Business Unit System Engineering est un partenaire pour les composants essentiels des chaînes de productions dans les domaines de la carrosserie et du montage des groupes motopropulseurs. Cette interdisciplinarité nous permet d'élaborer des innovations atteignant un haut degré de maturité et répondant au mieux aux besoins de nos clients, notamment dans les technologies d'outillage avec des prototypes fabriqués en interne et soumis à une multitude de tests.

Contrôle des arbres de direction. ThyssenKrupp assure un haut niveau de qualité grâce à une batterie de tests variés.



Essai de longue durée des amortisseurs. En plus de mettre au point des solutions innovantes pour les process de fabrication, InCar®plus travaille également à l'élaboration de tubes d'amortisseurs multi-matériaux.





« Nous nous concentrons principalement sur une construction allégée qui soit rentable tout en remplissant les exigences croissantes en termes de sécurité en cas de collision. »

Markus Zörnack, responsable du sous-projet carrosserie

### Sous-projet moteur/propulsion

Le moteur à combustion classique est et restera dans le futur proche la forme de propulsion principale dans le secteur automobile. En développant encore davantage les systèmes de distribution par soupapes, ThyssenKrupp établit de nouveaux standards. Nos ingénieurs ont augmenté l'efficacité du moteur à combustion et ont ainsi considérablement réduit la consommation de carburant et les émissions. Un exemple parmi d'autres : l'amélioration de la technologie d'arbre à cames. De nouveaux concepts de paliers innovants minimisent les pertes d'énergie à l'intérieur du moteur. De par l'intégration de nouvelles fonctions, comme par exemple le séparateur d'huile des gaz de blow-by installé dans l'arbre à cames, InCar® plus crée une valeur ajoutée supplémentaire pour ses clients. Cette innovation permet de surcroît un gain de place et une réduction des émissions.

Parmi les innovations les plus remarquables dans le domaine de la propulsion, on peut citer le nouveau module couvercle-classes avec arbres à cames intégrés. Le module est constitué de composants en polymère, en aluminium et en acier. Cette solution assure un gain de poids de 15 pour cent ainsi qu'une réduction du bruit. De plus, les supports de paliers en aluminium avec bagues de roulement intégrées minimisent la puissance de frottement d'environ 10 à 15 watts et réduisent le volume d'huile nécessaire à la lubrification des paliers lisses de 30 à 40 pour cent.

Le sous-projet moteur/propulsion s'est aussi penché sur la question des moteurs électriques et mis au point des solutions innovantes. Les objectifs : optimiser l'efficacité afin de mieux exploiter la capacité de la batterie. Un feuillard magnétique très résistant aux propriétés magnétiques améliorées permet d'atteindre des vitesses de rotation plus importantes. Des arbres de rotors creux et cylindriques assemblés permettent de réduire le poids de 16 pour cent et il est possible d'utiliser l'espace ainsi libéré, par exemple pour installer une arrivée d'huile ou un système de refroidissement actif du rotor.

### Sous-projet châssis & système de direction

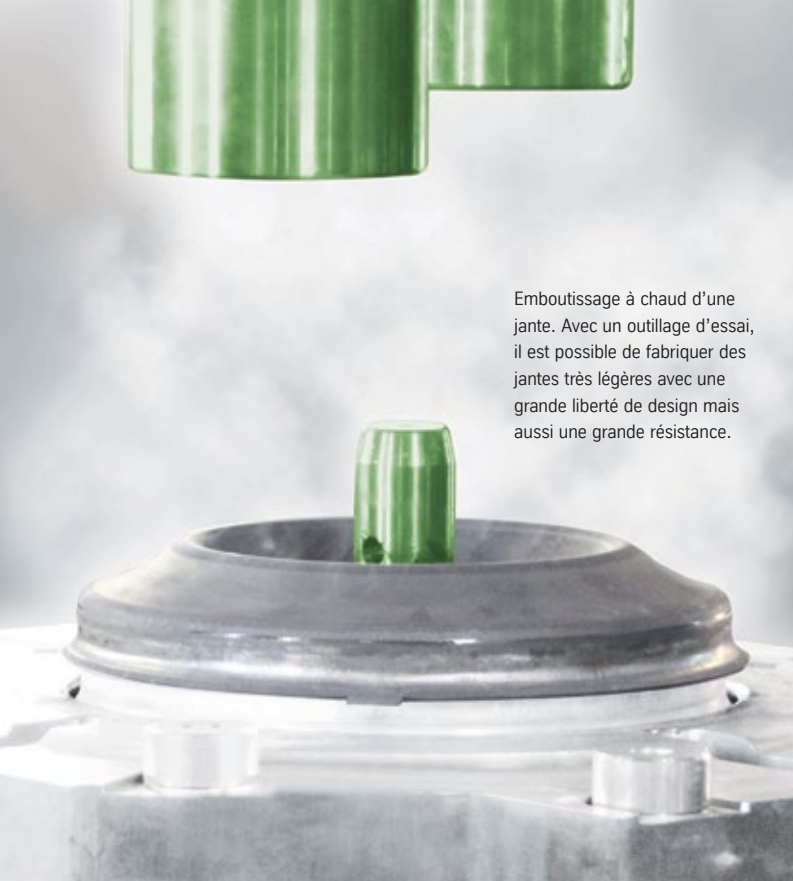
Les systèmes de direction électriques requièrent nettement moins d'énergie que les solutions hydrauliques. Ils permettent également de renforcer la sécurité et d'améliorer le confort. Pour les systèmes d'assistance à la conduite comme l'aide au stationnement automatique ou l'aide au maintien de la trajectoire, le passage à ce type de technologie est impératif. Les innovations élaborées dans le cadre du sous-projet châssis & système de direction contribuent à étendre cette technologie à d'autres catégories de véhicules et à la mettre en œuvre de manière encore plus efficace. D'autres thèmes d'avant-garde tels que le Steer-by-Wire (pilotage par câbles) ont été aussi étudiés sous la forme d'un véhicule de démonstration, véritable laboratoire d'essai des systèmes de direction de demain.

La construction multi-matériaux de tubes d'amortisseurs et de composants de systèmes de direction a constitué un autre axe de développement important. ThyssenKrupp a pour cela allié des plastiques renforcés par de la fibre de carbone ou de l'aluminium à des matériaux éprouvés. Ainsi certains composants ont pu être allégés de 60 pour cent. L'accent a non seulement été mis sur des solutions d'optimisation du poids mais aussi sur la réduction des coûts et l'augmentation des fonctionnalités des systèmes. Cela nous permet de satisfaire de manière personnalisée toutes les



Sertissage d'une pièce de peau avec LITECOR®. Ce procédé a été testé dans les conditions de production série avec des durées de cycle courtes et permet d'obtenir des assemblages par sertissage d'une grande qualité.





Emboutissage à chaud d'une jante. Avec un outillage d'essai, il est possible de fabriquer des jantes très légères avec une grande liberté de design mais aussi une grande résistance.



La construction des prototypes a été une étape importante dans le projet InCar®plus. Ici, un laser découpe des tôles de rotors dans un feuillard magnétique très résistant pour le montage dans un moteur électrique.

exigences de nos clients, elles-mêmes dépendantes des spécificités de chaque véhicule. Enfin il était aussi essentiel d'élaborer des procédés de fabrication économiques et applicables à une production en grande série afin de produire de manière rentable les technologies présentées dans InCar®plus.

### Sous-projet carrosserie

Les constructions allégées sont également un élément central du sous-projet carrosserie. Les nouvelles nuances d'acier et leur produits semi-finis, les matériaux composites, le magnésium et les plastiques renforcés par de la fibre de carbone jouent ici un rôle essentiel. Une géométrie adaptée et des constructions innovantes permettent d'exploiter tout le potentiel des matériaux. Nous avons développé de nouvelles techniques de fabrication et d'assemblage grâce à nos compétences en ingénierie et en matériaux.

Dans ce cadre, l'emboutissage à chaud se révèle être une technologie incontournable pour la construction allégée de composants de sécurité à un coût compétitif. Cela s'applique non seulement à l'élaboration de nouveaux aciers spécifiques pour l'emboutissage à chaud mais aussi au développement de la technique de fabrication à proprement parler. Ces techniques ont pu être mises en œuvre avec succès sur des composants concrets, par exemple des piliers B.

Les ingénieurs du projet InCar®plus ont également travaillé sur les thèmes connexes à celui de la carrosserie : « sièges » et « roues ». Dans un véhicule, ces composants jouent un rôle non négligeable dans la masse totale et les constructeurs automobiles comme les clients finaux ont à leur égard des exigences élevées en termes de confort, de fonctionnalité et de design. Par rapport aux roues classiques en alliages légers, l'avantage des roues en acier modernes est double : un coût moins élevé et un poids beaucoup moins important. Les roues sont des composants soumis à une inertie rotative, elles sont donc particulièrement sensibles aux effets d'une construction allégée. D'un point de vue écologique, remplacer une roue en acier par une roue en alliage léger pour des raisons de poids s'avère contre-productif.

Grâce à l'utilisation de technologies à base d'acier et de concepts modernes de construction allégée, il est possible de réduire de 20 pour cent le poids d'un capot moteur, et ce pour des coûts de construction allégée compétitifs tout en maintenant les performances techniques au même niveau. C'est en employant des produits modernes dits « sandwich » pour les pièces de peau et en les alliant à une structure de support conçue en conséquence que le potentiel d'allégement de la construction peut être pleinement exploité. LITECOR®, un composite en acier et plastique, est l'un de ces produits « sandwich ».

Les solutions InCar®plus montrent de manière indiscutable que l'acier permet un gain de poids significatif à un coût compétitif.



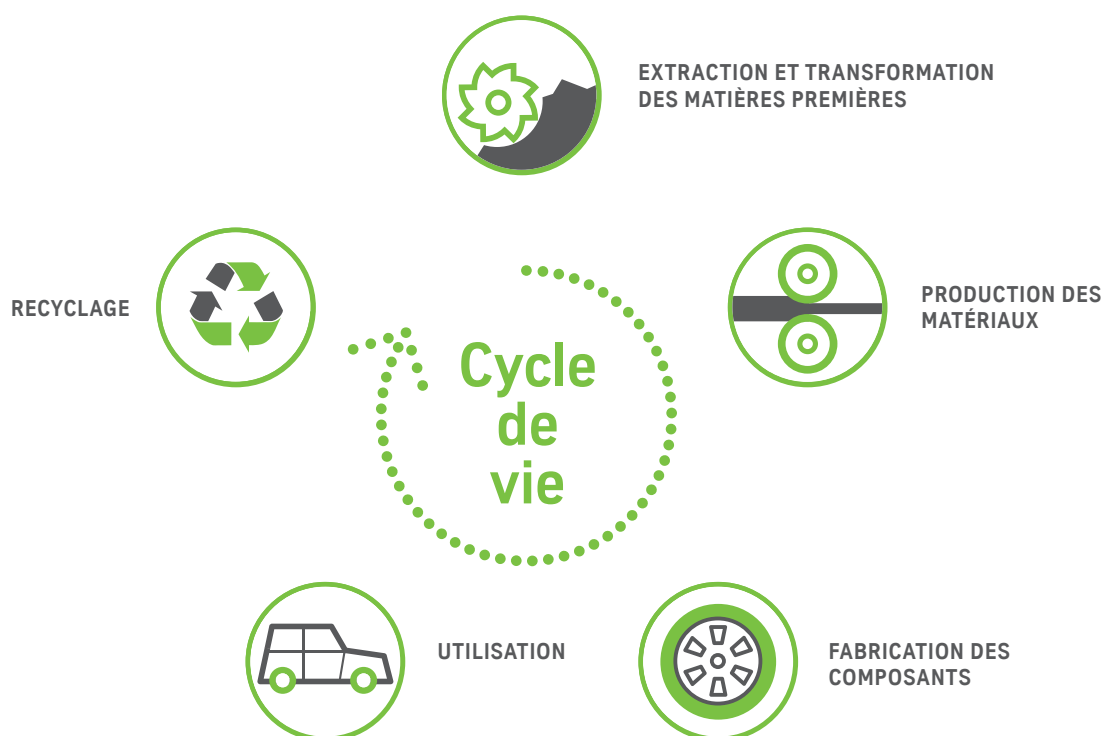


# DÉVELOPPEMENT DURABLE



## Le développement durable comme moteur de l'innovation L'évaluation du cycle de vie

Les solutions InCar®plus contribuent considérablement à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> lors de la conduite et répondent de surcroît à une approche globale qui considère l'intégralité du cycle de vie du véhicule.



Pour ThyssenKrupp, le développement durable est un moteur de l'innovation. C'est pourquoi nous veillons à ce que nos matériaux et composants de véhicules soient respectueux de l'environnement et recyclables. Le projet InCar®plus ne fait à cet égard pas exception à la règle.

Les bilans écologiques des solutions InCar®plus présentent les émissions générées lors de chaque phase de la vie du produit : extraction et transformation des matières premières, production du matériau et fabrication des composants, utilisation et recyclage du produit fini. Ils montrent des améliorations dans presque toutes les catégories considérées, et ce tout au long du cycle de vie.

Dans leur souci d'exhaustivité, nos bilans écologiques n'analysent pas seulement les solutions InCar®plus du point de vue des gaz à effet de serre, ils considèrent également d'autres indicateurs environnementaux comme le smog estival, la surfertilisation et l'acidification. En effet, ce n'est pas parce qu'un produit justifie d'un bilan CO<sub>2</sub> satisfaisant qu'il est respectueux de l'environnement. Il peut minimiser l'effet de serre tout en augmentant par exemple le potentiel d'acidification. ThyssenKrupp a ainsi considéré et évalué la consommation de ressources et d'énergies primaires. Dans le cadre du projet InCar®plus, notre engagement vis-à-vis de l'environnement a dépassé de loin les obligations légales.

# InCar®plus de ThyssenKrupp

## Des solutions pour l'efficacité automobile

InCar®plus de ThyssenKrupp contribue fortement à l'efficacité automobile, notamment en ce qui concerne la réduction de la consommation de carburant, la construction allégée, la fabrication économique ou l'intégration de nouvelles fonctions à des composants existants.







PLUS LÉGER



PLUS RENTABLE



PLUS DURABLE



PLUS PERFORMANT



# InCar®plus de ThyssenKrupp

## Des innovations dans trois catégories de produits

Le projet InCar®plus tire parti du savoir-faire polyvalent de ThyssenKrupp en matière de développement de matériaux, d'ingénierie et de fabrication de composants, modules et systèmes à fortes valeurs ajoutées. C'est ainsi que se créent des synergies inédites qui permettent une plus grande efficacité dans les domaines suivants : moteur/propulsion, châssis & système de direction et carrosserie.

### Moteur/propulsion

Renforcer l'efficacité en réduisant la consommation est l'un des objectifs clés du projet InCar®plus de ThyssenKrupp. Étant donné que le moteur à combustion classique restera à moyen terme la forme de propulsion dominante, le sous-projet en a fait l'un de ses axes de travail centraux. En alliant construction allégée cohérente et intégration de fonctions intelligentes, le projet InCar®plus illustre avec brio l'étendue des possibilités actuelles et futures. Le projet tient compte de surcroît de l'influence grandissante de la propulsion électrique et en renforce l'efficacité.

### Châssis & système de direction

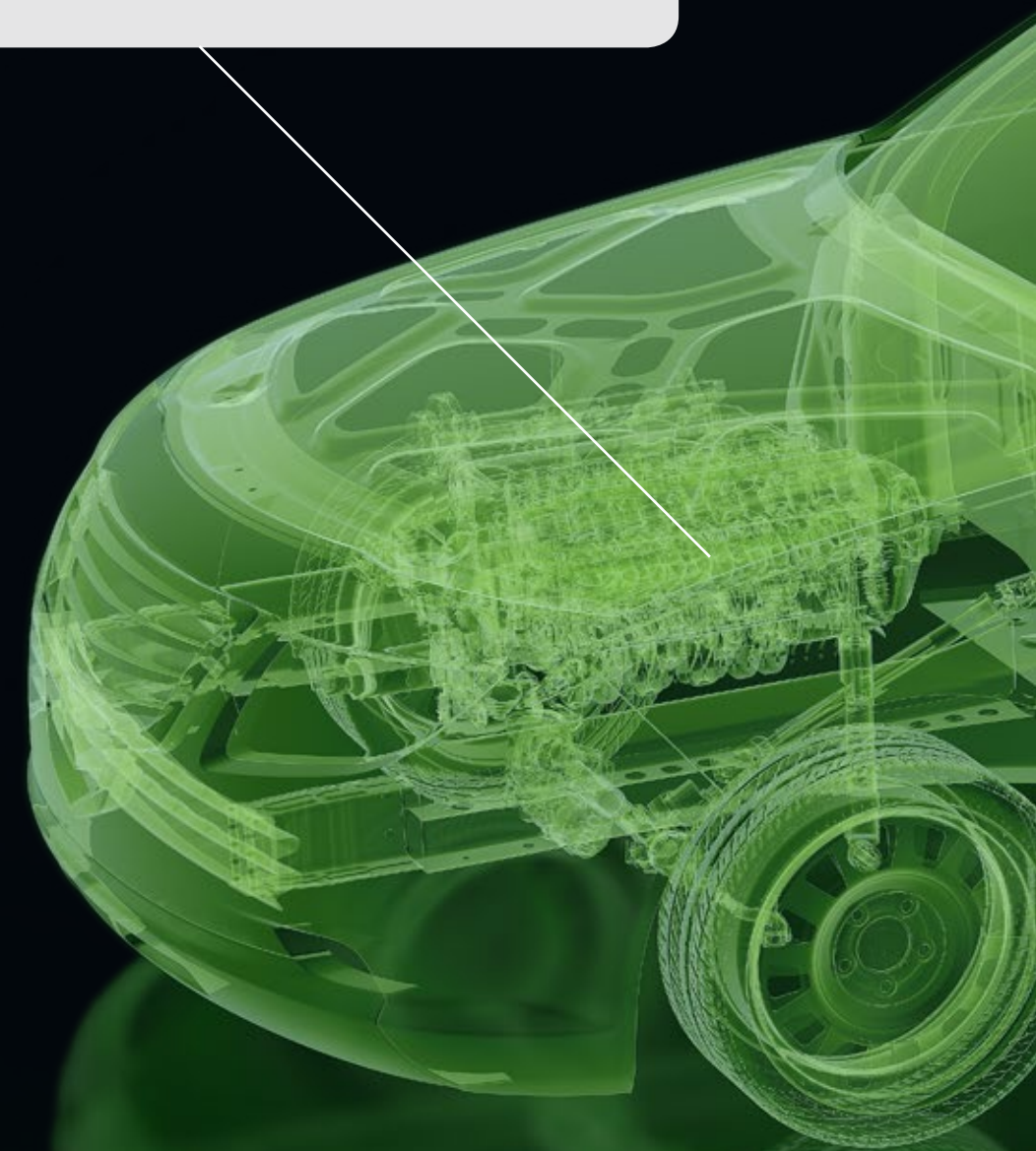
Le projet InCar®plus de ThyssenKrupp mise sur la transition vers des technologies de systèmes de direction électriques et développe la nouvelle génération pour encore plus de sécurité et de confort. Des produits multi-matériaux innovants démontrent leur utilité pour les colonnes de direction et les tubes d'amortisseurs. Chaque solution est élaborée sur mesure en fonction des exigences des clients, dépendant elles-mêmes des spécificités de chaque véhicule. Ainsi, selon les cas, nous accordons la priorité à l'optimisation du poids, à la réduction des coûts ou encore à l'intégration de fonctions systèmes additionnelles.

### Carrosserie

Lors de la conception de carrosseries modernes, nous nous concentrons principalement sur une construction allégée à coût compétitif pour des exigences toujours plus fortes en termes de sécurité en cas de collision. ThyssenKrupp réalise en interne le développement de nouveaux matériaux, la fabrication des outillages et la construction des prototypes qui sont ensuite soumis à une série de tests. L'avantage pour nos clients : nos matériaux et techniques de fabrication peuvent être rapidement mis en œuvre en série. Le panel de produits Carrosserie ne comprend pas uniquement les composants de la structure et les pièces rapportées mais aussi les sièges et les roues.

### Moteur à combustion

- • Développement avancé des arbres à cames et des modules de distribution par soupapes
- • Concepts de paliers innovants pour réduire les pertes par frottement à l'intérieur du moteur
- • Intégration du séparateur d'huile des gaz de blow-by dans l'arbre à cames





### Carrosserie – Composants de structure et pièces rapportées

- • Utilisation de nouvelles nuances d'acier pour l'emboutissage à chaud et à froid
- • Matériaux composites innovants
- • Développement avancé des techniques d'emboutissage à chaud
- • Construction allégée grâce à l'utilisation de profilés
- • Procédés de fabrication en grande série adaptés aux matériaux

### Carrosserie – Roues et sièges

- • Construction allégée en acier pour les sièges
- • Roues en acier économiques et innovantes
- • Roue hybride en PRFC et acier

### Moteur électrique

- • Feuillards magnétiques extrêmement résistants
- • Rotor de construction allégée en plusieurs parties
- • Utilisation d'arbres d'engrenage assemblés pour moteurs électriques

### Système de direction

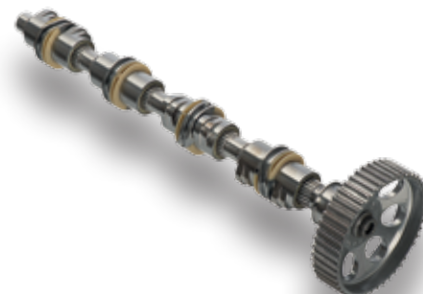
- • Systèmes de direction électriques à coûts compétitifs
- • Procédés de fabrication innovants pour les composants de direction
- • Construction multi-matériaux pour les composants de direction
- • Plate-forme de développement pour les systèmes Steer-by-Wire

### Châssis

- • Procédés de fabrication innovants pour les composants de châssis
- • Construction multi-matériaux pour les composants de châssis
- • Système de réglage des amortisseurs ultra-rapide pour plus de sécurité

# Des solutions pour le moteur/la propulsion

## Efficiences des moteurs à combustion et des moteurs électriques



### Réduction du frottement des arbres à cames

La distribution par soupapes génère environ 15 pour cent de la puissance de frottement du moteur. ThyssenKrupp recherche en permanence de nouveaux procédés de fabrication et de revêtement pour les cames et les paliers des arbres à cames afin de minimiser au maximum les frottements. Des bancs d'essai spécifiques permettront à l'avenir une comparaison objective et découplée du moteur.

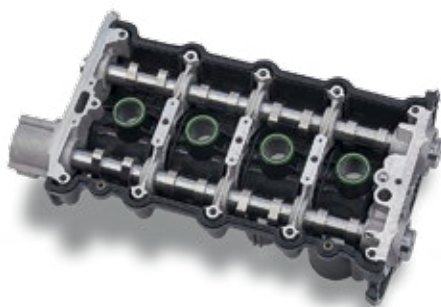
### Séparateur d'huile des gaz de blow-by intégré à l'arbre à cames

ThyssenKrupp a réussi à intégrer le séparateur d'huile des gaz de blow-by, traditionnellement situé dans l'aération du carter, dans l'arbre à cames. La technologie Presta Oil Separation System (POSS®) est, malgré la place réduite allouée, plus efficace que la plupart des systèmes passifs actuels.



### L'élément de came coulissant hybride améliore les systèmes d'inversion de course

Pour les systèmes de levée de soupapes variables, ThyssenKrupp a développé un élément de came coulissant qui, de par sa construction hybride (acier/plastique), est jusqu'à 30 pour cent plus léger qu'une pièce identique en acier. Cette réduction du poids est un avantage qui permet d'augmenter la vitesse de rotation maximale pour l'inversion de la course, entraînant ainsi un potentiel de consommation de carburant pouvant atteindre 5 pour cent.



### La construction hybride optimise les modules d'arbres à cames

Les modules couvre-culasses avec arbres à cames assemblés intégrés génèrent des avantages considérables en termes de poids, de frottement et de coûts. À l'aide de composants en polymère, aluminium et acier, ThyssenKrupp parvient encore à alléger les structures de 15 pour cent supplémentaires. De plus, les paliers d'arbres à cames de dernière génération permettent de diminuer les puissances de frottement de 10 à 15 watts et la consommation d'huile dans les paliers lisses de 30 à 40 pour cent.

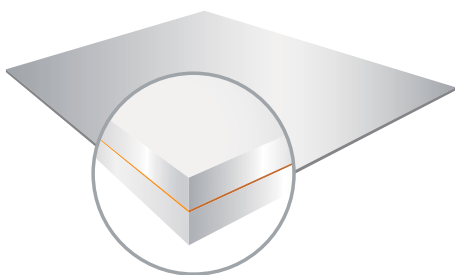
### Aciers à haute résistance thermique et à faible densité pour systèmes d'échappement

Du fait de leur composition chimique, les aciers à haute résistance thermique et à faible densité présentent des propriétés intéressantes pour les systèmes d'échappement. Le développement de ces matériaux n'est certes pas encore achevé, mais il laisse déjà entrevoir nombre d'avantages : une grande résistance dans la plage de températures requises, une résistance élevée à la corrosion, une conductibilité thermique réduite ainsi qu'une faible densité.

### Feuillard magnétique très résistant à grains non orientés

ThyssenKrupp a conçu de nouveaux feuillards magnétiques permettant d'augmenter considérablement le couple d'un moteur de traction électrique par rapport aux meilleurs feuillards standards de la norme M 235-35 A. Ces nouveaux feuillards garantissent une tenue magnétique sur les fréquences élevées (par exemple 400 Hz) tout en conservant une limite d'élasticité supérieure à 420 MPa.





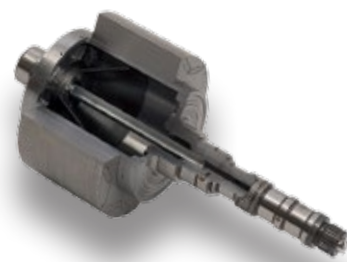
#### BONDAL® E améliore l'acoustique des moteurs électriques

Le matériau composite BONDAL® E, encore en phase de développement, sera en mesure de réduire les émissions sonores du stator d'un moteur électrique jusqu'à 10 dB (A). Les bruits de structure peuvent être considérablement atténués grâce à une couche intermédiaire très fine en plastique. Celle-ci permet de conserver un facteur de foisonnement presque identique tout en conservant une densité de puissance suffisante du moteur électrique.



#### Optimisation de l'encombrement et des coûts pour les arbres de moteurs électriques

Dans le cadre du projet eTDC (Electromobile ThyssenKrupp Drivetrain Components), une forme de propulsion intelligente permet de résoudre à l'aide de composants allégés le conflit entre efficacité et coûts/encombrement des moteurs électriques. L'arbre de rotor-/d'engrenage est assemblé intégralement et permet à la fois un choix de matériaux adaptés à la fonction et une rentabilité très élevée.



#### Rotor de construction allégée avec système de refroidissement intégré

Dans le cadre du projet InCar®plus, ThyssenKrupp a mis au point une architecture de rotor creuse et cylindrique : la structure modulaire en plusieurs parties du rotor permet un allègement de 16 pour cent et assure (par rapport au rotor standard) un gain de place de plus de 800 cm³ à l'intérieur du rotor. L'espace libéré peut alors accueillir un système de refroidissement actif améliorant encore l'efficacité.

SPONSORISÉ PAR



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



#### Essieu arrière électrifié allégé en acier

De par ses nombreuses propriétés, l'acier est un matériau incontournable, et ce notamment dans la construction des véhicules électriques. Une étude a montré le potentiel concret d'une construction allégée en acier sur un concept d'essieu arrière électrifié, partie intégrante d'un moteur hybride. La transmission électrique est quant à elle intégrée dans un support d'essieu arrière, lui-même optimisé au niveau de l'encombrement et du poids.



#### Plaques bipolaires à plasma modifiées pour les piles à combustible

Une étude pilote démontre l'efficacité des empilements de piles à combustible avec des plaques bipolaires modifiées en surface et fabriquées en acier (inoxydable) résistant à la rouille et aux attaques acides. Permettant une économie d'environ 60 pour cent, ces plaques sont plus rentables que les plaques bipolaires en acier inoxydable recouvertes d'or. Comparées à des plaques bipolaires de prix équivalent mais fabriquées en composites de graphite, ces plaques permettent un allègement d'environ 5 pour cent et un gain de place d'environ 25 pour cent.

# Des solutions pour le châssis & le système de direction

## Systèmes de direction électriques et utilisation de matériaux combinés



### Allégement et gain de place grâce au ThermoTecWire®

Les ressorts de suspension de véhicule en ThermoTecWire® sont presque 20 pour cent plus légers que les ressorts de suspension conventionnels et jouent ainsi un rôle prépondérant dans la construction allégée du châssis. Outre les avantages en termes de consommation et d'émissions, ThermoTecWire® est également plus compact car le ressort, constitué d'un câble innovant, est nettement plus court.



### Tubes d'amortisseurs optimisés

ThyssenKrupp a développé de nouveaux tubes d'amortisseurs adaptés aux exigences de chaque architecture de véhicule : on peut citer, entre autres, des variantes soudées sur mesure et optimisées au maximum pour les coûts et la fonctionnalité mais aussi une variante de construction allégée. Ce tube d'amortisseur en PRFC permet un allégement pouvant atteindre 45 pour cent par rapport à un modèle équivalent en aluminium. Les tubes en acier inoxydable offrent une meilleure résistance à la corrosion et sont donc adaptés à la construction d'amortisseurs à un ou deux tube(s).



### Système de réglage des amortisseurs intégré

Le nouveau système de réglage des amortisseurs intégré de ThyssenKrupp est équipé d'un limiteur de pression piloté à commutation rapide et continue. La large plage d'utilisation de la force d'amortissement en extension et en compression ainsi que le réglage dynamique permettent de résoudre le conflit entre confort de conduite, sécurité et agilité. Une soupape-pilote magnétique contrôle précisément la pression des deux soupapes indépendantes pour l'extension et la compression.



### Colonnes de direction de construction allégée et économique avec composants en PRFC

Le PRFC permet d'obtenir un gain de poids allant jusqu'à 60 pour cent pour les composants de colonnes de direction et jusqu'à 25 pour cent pour les colonnes de direction complètes tout en conservant des performances équivalentes à celles des colonnes de direction de série. La pultrusion par enroulement pour le boîtier de guidage et le processus de moulage par transfert de résine avec des préformes de fibres sur mesure pour les consoles sont les processus de bases en vue d'une production en série adaptée à l'industrie automobile.



### Arbre de direction hybride : réduction du poids de 35 pour cent

Au moins un tiers plus léger qu'un arbre de direction classique pour des coûts de construction allégée de moins de 5 €/kg : c'est ce que propose la solution à tubes emboîtables allégés avec fourches en aluminium adaptées aux efforts. Sa construction modulaire assure un maximum de flexibilité. Grâce à un polymère haute performance, le raccord coulissant peut supporter des températures allant jusqu'à 200 °C.



### Crémaillère métallique assemblée légère

Du fait de leur section creuse, les crémaillères métalliques assemblées sont environ 25 pour cent (ou bien 0,5 kg) plus légères que les crémaillères fraisées classiques et permettent ainsi un engrenage constant ou variable. Au besoin, de petits moteurs auxiliaires peuvent être installés pour le système de direction électromécanique. Les coûts de fabrication sont alors équivalents à ceux des crémaillères variables conventionnelles.





#### **Dispositif de réglage de l'angle de braquage : de hautes performances à coût avantageux**

L'engrenage par superposition constitue le cœur du dispositif de réglage de l'angle de braquage et influe considérablement sur les propriétés acoustiques et les coûts du module. Les roues dentées en plastique assurent ici des performances suffisantes à un prix compétitif. ThyssenKrupp a déjà prouvé les performances de ce système mécatronique complexe.



#### **Direction assistée sur colonne pour les automobiles compactes et milieu de gamme**

Dans le cadre du projet InCar®plus, ThyssenKrupp a conçu un nouveau système de direction assistée sur colonne avec deux développements pour des efforts de crémaillère de 9 et 11 kN. Ce système améliore nettement les sensations au volant et les émissions sonores par rapport aux systèmes de direction assistée sur colonne actuels. De plus, il est plus économique et plus compact dans le carter moteur que les systèmes de direction assistée sur crémaillère et pignon normalement installés dans ces types de véhicules.



#### **Plate-forme de développement pour les systèmes de direction Steer-by-Wire**

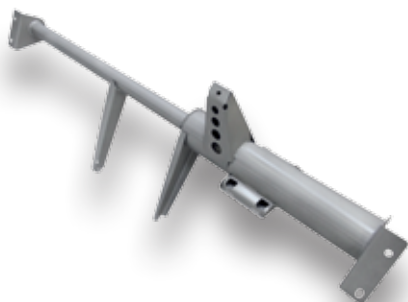
ThyssenKrupp a construit un véhicule d'essai dont le mécanisme de direction et l'actionneur de rétroaction peuvent s'utiliser en dispositif de sécurité mécanique. Ce véhicule est également équipé d'un système Steer-by-Wire fiabilisé. Avec ce laboratoire d'essai, il est possible de définir les exigences complexes relatives aux actionneurs, aux capteurs, à l'asservissement ainsi que de tester la tenue aux pannes, ceci afin de développer des systèmes Steer-by-Wire adaptés aux besoins spécifiques de nos clients.



La plate-forme de développement des systèmes de direction Steer-by-Wire est basée sur une voiture de sport

# Des solutions pour la carrosserie

## Construction allégée économique et sécurité en cas de collision



### Nouvelle approche axée sur la construction allégée pour la traverse de planche de bord

La traverse de planche de bord en tôle de magnésium est 3 kg plus légère que les solutions classiques en acier et ce pour des coûts de construction allégée d'un peu plus de 5 €/kg. Elle est constituée d'un système à deux tubes avec des composants supplémentaires en tôle de magnésium et assemblée au moyen d'un procédé de soudage sous gaz actif (MAG). Les propriétés d'utilisation de la traverse de planche de bord sont testées virtuellement.



### Les pare-chocs optimisés permettent un gain de poids pouvant atteindre 19 pour cent

Un nouveau système de pare-choc avec un acier embouti à chaud en MBW® 1500 peut être, à coûts équivalents, jusqu'à 19 pour cent plus léger que la solution de référence du projet InCar® plus. Cela correspond au poids d'une solution en aluminium mais à un coût considérablement moins élevé. L'intégration de ces systèmes à des structures de véhicules existants et l'adaptation aux crash-tests standards sont possibles grâce à de nouvelles idées de matériaux et de composants. De plus, nous avons développé des pare-chocs modulaires et profilés qui sont jusqu'à 17 pour cent plus légers.



### Des procédés de fabrication optimisés pour des longerons plus légers

Le longeron conçu dans le projet InCar® plus est un profilé en acier à chambres multiples de nouvelle génération constitué d'une coque et d'un profil T<sup>3</sup>. Pouvant être fabriqué avec les procédés habituels, il est jusqu'à 23 pour cent plus léger et 10 pour cent plus économique. De par sa structure modulaire, il s'adapte à la plupart des catégories de véhicules et montre d'excellentes propriétés en cas de collision. Grâce à une combinaison de matériaux, il est même possible d'atteindre un gain de poids de 31 pour cent pour un coût réduit jusqu'à 8 pour cent.



### Un pilier A affiné : meilleure visibilité, poids réduit

Le pilier A du projet InCar® plus présente de nombreux avantages : un champ de vision considérablement amélioré, une sécurité passive renforcée en cas de collision et un allègement d'environ 10 pour cent. L'utilisation de matériaux appropriés et de nouvelles techniques de fabrication limitent les coûts de construction allégée à environ 1,50 €/kg. L'intégration du nouveau concept de pilier A dans un système modulaire est facile et ouvre un large potentiel de réduction des coûts.



### Plus de sécurité grâce à l'allègement des piliers B

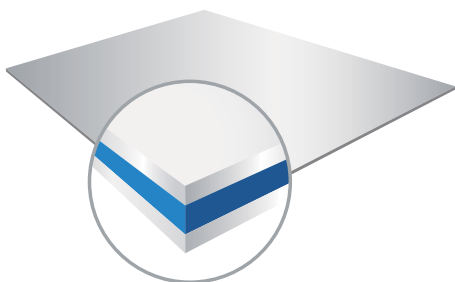
Le matériau composite TriBond® 1400 laminé et embouti à chaud, permet un allègement de 1,28 kg par véhicule par rapport à un pilier B en MBW® 1500 fabriqué au moyen du procédé Tailored Tempering. Sans oublier que les coûts de construction allégée s'élèvent à moins de 1,50 €/kg. Il est aussi possible de produire des piliers B légers et à prix compétitifs en utilisant l'emboutissage à froid. De nouveaux matériaux, comme par exemple le DP-K® 700Y980T, ouvrent d'autres potentiels d'allègement et de réduction des coûts.



### Des sièges légers et économiques grâce à l'utilisation d'acier

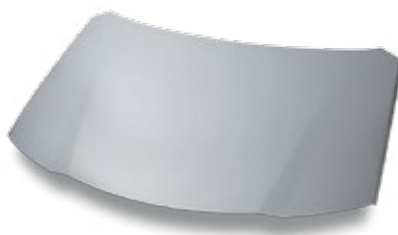
Les sièges ont un impact important sur la construction allégée car ils représentent à eux seuls entre 40 et 60 kg environ par véhicule. L'utilisation de nouvelles nuances d'acier comme le MHZ 500 ou le DP-K® 700Y980T permet un allègement des composants des sièges pouvant atteindre 15 pour cent, et ce sans influence notable sur les coûts. Les coques de sièges en LITECOR® peuvent même être allégées de 37 pour cent, pour des coûts de construction allégée limités : moins de 3 €/kg.





#### Des composants en LITECOR® pour la carrosserie

Dans une analyse de potentiel menée dans le cadre du projet InCar®plus, ThyssenKrupp a non seulement mis au point des composants de pièce de peau mais aussi des éléments intérieurs en LITECOR® influant sur la structure et testé leur faisabilité. Les 14 composants fabriqués en LITECOR® se sont avérés être 19 kg (soit environ 20 pour cent) plus légers que les composants classiques et ce à performances égales.



#### Des concepts de capots moteur innovants

Les technologies modernes de mises en forme de l'acier et des concepts de construction allégée poussés permettent un allègement de plus de 20 pour cent du capot moteur. Le matériau composite LITECOR®, à la fois léger et résistant, permet d'exploiter le potentiel de construction allégée sans faire de compromis en matière de performances et sécurité, le tout à des coûts de construction allégée parfaitement compétitifs. Un concept multi-matériaux permet même un allègement allant jusqu'à 40 pour cent.



#### Construction allégée au niveau des pièces de peau

Des produits innovants en acier peuvent induire une réduction de poids de l'ordre de 33 pour cent des composants surfaciques comme les pièces de peau (par exemple les portières). Ceci sans perte de rigidité ni de tenue à la flexion et moyennant des coûts de construction allégée d'à peine 2 €/kg. La faisabilité en grande série du matériau composite LITECOR® (acier-polymère) a été démontrée par ThyssenKrupp sur un exemple de portière.



#### Roues de voiture en acier légères et stylées

ThyssenKrupp développe des roues en acier de construction allégée qui sont jusqu'à 20 pour cent plus légères que les roues en aluminium mais aussi plus économiques et plus respectueuses de l'environnement. La roue conçue en acier se distingue par son principe de construction modulaire, qui allie aspect esthétique et grande flexibilité en termes de design. Son point fort : une roue hybride de 20 pouces en acier et plastique renforcé à fibre de carbone (PRFC).

# Un produit adapté à chaque exigence

## Vos avantages en détail

Les solutions InCar®plus s’adaptent aux diverses exigences de nos clients, qui dépendent des spécificités de chaque véhicule. Selon les cas, nous accordons la priorité à l’optimisation du poids, à la réduction des coûts, au développement durable ou encore à la diversification des fonctionnalités des systèmes.

### Moteur/ propulsion

#### Nom du projet

#### Solution

#### Moteur à combustion optimisé

Arbre à cames avec réduction du frottement	
Séparateur d'huile des gaz de blow-by (POSS® Presta Oil Separation System)	
Élément de came coulissant hybride	
Module couvre-culasse hybride	
Système d'échappement	

#### Moteur électrique

Feuillard magnétique très résistant	
Moteur électrique à niveau sonore optimisé	
Arbre d'engrenage assemblé (eTDC Electromobile ThyssenKrupp Drivetrain Components)	
Rotor assemblé	
Essieu arrière électrifié	
Pile à combustible	

### Châssis et système de direction

#### Châssis

Ressorts de suspension (ThermoTecSpring® en ThermoTecWire®)	
Tubes d'amortisseurs	Tubes d'amortisseurs en T <sup>3</sup>
	Tube d'amortisseur en acier inoxydable
	Tube d'amortisseur soudé sur mesure
	Tube d'amortisseur en PRFC
Système de réglage des amortisseurs	

#### Système de direction

Colonne de direction en PRFC	
Arbre de direction hybride	
Crémaillère métallique assemblée	
Dispositif de réglage de l'angle de braquage	
Direction assistée sur colonne	
Steer-by-Wire	





Category	Sub-category	Value	Value	Value
Category 1	Sub-category 1.1	10	20	30
	Sub-category 1.2	20	30	40
	Sub-category 1.3	30	40	50
	Sub-category 1.4	40	50	60
	Sub-category 1.5	50	60	70
	Sub-category 1.6	60	70	80
	Sub-category 1.7	70	80	90
	Sub-category 1.8	80	90	100
	Sub-category 1.9	90	100	110
	Sub-category 1.10	100	110	120
Category 2	Sub-category 2.1	10	20	30
	Sub-category 2.2	20	30	40
	Sub-category 2.3	30	40	50
	Sub-category 2.4	40	50	60
	Sub-category 2.5	50	60	70
	Sub-category 2.6	60	70	80
	Sub-category 2.7	70	80	90
	Sub-category 2.8	80	90	100
	Sub-category 2.9	90	100	110
	Sub-category 2.10	100	110	120
Category 3	Sub-category 3.1	10	20	30
	Sub-category 3.2	20	30	40
	Sub-category 3.3	30	40	50
	Sub-category 3.4	40	50	60
	Sub-category 3.5	50	60	70
	Sub-category 3.6	60	70	80
	Sub-category 3.7	70	80	90
	Sub-category 3.8	80	90	100
	Sub-category 3.9	90	100	110
	Sub-category 3.10	100	110	120





# Un produit adapté à chaque exigence

## Vos avantages en détail

### Carrosserie

Nom du projet                      Solution

Traverse de planche de bord	Magnésium
Systèmes de pare-chocs	Pare-chocs profil ouvert
	Pare-chocs modulables
	Pare-chocs à base de profilés
Longeron	Profilé à chambre double
Pilier A	Profilé embouti à chaud
Pilier B	Emboutissage à froid
	Emboutissage à chaud
Sièges	Partie latérale du dossier
	Partie latérale du siège
	Coque de siège
Analyse de potentiel LITECOR®	Étude du concept de carrosserie complète
Capots moteur	LITECOR®
	Matériau hybride acier-magnésium
Portières	LITECOR®
Roues	Roue de construction allégée en acier
	Roue design en acier
	Roue hybride en acier et PRFC

	 PLUS LÉGER	 PLUS RENTABLE	 PLUS DURABLE	 PLUS PERFORMANT
	●			
	●	●	●	
	●		●	●
	●	●	●	
	●	●	●	
	●	●	●	●
	●	●	●	●
	●		●	
	●		●	
	●		●	
	●		●	
	●		●	
	●		●	
	●		●	
	●		●	
	●	●	●	●
	●		●	
		●	●	●
	●			●

**Remarque générale**  
Les informations relatives aux caractéristiques ou à l'utilisation des matériaux et/ou des produits servent à la description. Les calculs et les évaluations techniques concernent exclusivement la structure de référence ou les produits de référence mentionnés et nécessitent, dans le cas d'une utilisation concrète du matériau ou du produit en question, une vérification supplémentaire ou une confirmation expresse. Les approbations en rapport avec la disponibilité de certaines propriétés ou avec un cas d'application précis requièrent impérativement un accord écrit particulier.





[incarplus.thyssenkrupp.com](http://incarplus.thyssenkrupp.com)

ThyssenKrupp AG  
ThyssenKrupp Allee 1  
45143 Essen · Allemagne  
[incarplus@thyssenkrupp.com](mailto:incarplus@thyssenkrupp.com)

SOLUTIONS POUR L'EFFICIENCE AUTOMOBILE

**ThyssenKrupp**  
InCar<sup>®</sup>plus



EFFICIENCY

Nous développons l'avenir.



**ThyssenKrupp**